Juillet 2012 Série technique 12-102

Conception et construction de la Maison durable E/9 construite pour le Nord — Dawson City (Yukon)

INTRODUCTION

Les conditions climatiques rigoureuses, les infrastructures de transport limitées, les conditions difficiles créées par le pergélisol, le coût élevé de construction et d'exploitation des logements et les conditions sociales et économiques uniques en présence sont autant d'obstacles à la mise en œuvre de logements durables dans le Nord. De plus, nombre de modèles de maisons auxquels on a recours dans le Nord ne reflètent pas la culture et le mode de vie des occupants du Nord, et plus particulièrement des occupants des Premières nations.

Dans le but d'aider à résoudre cette problématique, la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a soutenu les efforts d'un fournisseur de logement, la Première nation Tr'ondek Hwech'in Han, qui visaient à explorer la possibilité d'améliorer la performance des logements du Nord. L'initiative de maison durable construite pour le Nord comprenait des consultations auprès de fournisseurs et d'occupants de logements du Nord afin de cerner les défis à relever, les besoins et les solutions possibles aux problèmes de conception. On est ensuite passé à l'étape de conception, de réalisation et de suivi de la performance de la maison modèle durable construite pour le Nord (connues sous le vocable de maison E/2) qui avait pour cible de réduire de 50 % la consommation d'énergie comparativement à la même maison répondant aux exigences de l'édition de 1997 du *Code modèle national de l'énergie pour les habitations – Canada* (CMNEH).

De nombreuses leçons ont été tirées de cette première initiative quant aux difficultés et aux possibilités liées à la conception de maisons durables construites pour le Nord.

Pour tirer parti de ces nouvelles connaissances, la première nation de Tr'ondek Hwech'in Han s'est vite affairée à concevoir et à construire un deuxième duplex, appelé maison E/9, laquelle avait pour objectif une cible de réduction de 89 % de la consommation d'énergie par rapport à une maison construite selon les exigences de l'édition 1997 du CMNEH. Le présent Point en recherche brosse un tableau de la conception et de la construction du logement solaire et du logement Bâti-Flex composant le duplex de l'initiative E/9 (Figure 1).

Figure 1 Maison durable E/9 construite pour le Nord (logement solaire à gauche, logement Bâti-Flex à droite)

Canada

SCHL CMHC
AU CŒUR DE L'HABITATION

MÉTHODE

Une équipe de conception et de consultation a été mise sur pied et avait, comme première tâche, de passer en revue les leçons apprises de l'initiative E/2. Dans la foulée de cette revue, des propositions visant à améliorer les systèmes de construction et d'isolation ont été mises au point et des installations de chauffage de rechange ont été évaluées. Pour réaliser la plus grande efficacité énergétique possible avec un investissement en capital limité, l'équipe de conception a d'abord décidé d'optimiser la réduction de la consommation énergétique et les caractéristiques d'efficacité énergétique, comme l'orientation solaire passive, un niveau élevé d'isolation et une construction étanche, un éclairage et des électroménagers éconergétiques, et par la suite étudier les possibilités en matière d'énergie renouvelable, comme les installations thermiques solaires et les panneaux photovoltaïques, afin de parvenir à réduire davantage les achats d'énergie. De nombreux essais de modélisation ont été réalisés à l'aide du programme de simulation énergétique résidentielle HOT2000 de Ressources naturelles Canada, puis on a utilisé RETSCREEN, un logiciel d'analyse pour l'énergie renouvelable, afin de déterminer si les différentes options de conception à l'étude répondraient à la cible de réduction de 89 % de la consommation d'énergie. Qui plus est, les coûts, les économies et autres avantages découlant de chaque option ont été pris en compte.

Quatre options de rechange ont été modélisées afin d'optimiser l'efficacité énergétique de l'initiative E/9 (tableau 1). L'option A évalue la consommation d'énergie du logement Bâti-Flex composé de murs en panneaux structuraux isolés (PSI) et d'une isolation accrue dans le vide sous toit. L'option B quant à elle évalue la consommation d'énergie du logement solaire composé des mêmes éléments, mais auquel on a ajouté 6 m^2 de capteurs solaires thermiques. L'option C établit une estimation énergétique de l'option B (logement solaire), auquel on a ajouté 6 m^2 de panneaux photovoltaïques. L'option D évalue la consommation d'énergie nette du logement solaire, auquel on a ajouté 80 m^2 de panneaux photovoltaïques sur un toit orienté au sud et réaménagé selon une pente de 45 °.

Les options A à D comprennent toutes une enveloppe du bâtiment hautement isolée et très étanche, c'est-à-dire 0,75 renouvellement d'air par heure (r.a./h) à 50 Pa, des fenêtres à triple vitrage à faible émissivité et à lame d'argon,

Tableau 1 Modélisation énergétique des options de maisons E/9 solaire, Bâti-Flex et cible

Option	Description	Consommation (MJ/an)[1]	Électricité kWh/an	Coût de l'électricité $/an[1, 2]	Mazout L/an	Coût du mazout $/an[3]	Énergie unitaire (kWh/an/m^2)	Énergie unitaire (MJ/an/m^2)	Économies d'énergie (MJ/an/m^2)	Énergie % (« base », par rapport à la maison témoin)[4]	Économies ($/an)[4]	Cote EGM
A	E/9 Bâti-Flex	63 295	17 582	2 071	0	0	146	527	842	33	3 438	84
B	E/9 solaire (avec chauffe-eau solaire [CES])	60 928	16 924	2 028	0	0	122	439	931	32	3 481	86
C	E/9 solaire (avec CES et panneaux photovoltaïques [PV])	58 146	16 152	1 935	0	0	116	409	951	30	3 555	87
D	« Cible E/9 » (avec CES et PV)	21 128	5 869	900	0	0	42	152	1218	11	4 609	90

[1] Éclairage + appareils + chauffage + eau chaude
[2] Le coût de l'électricité est établi en fonction du coût à Dawson en 2006, soit de 11,91 $ par mois (les premiers 1 000 kWh à 0,093 $, le reste à 0,1403 $). Le surplus d'électricité est vendu au réseau (pour la maison cible seulement) au taux le plus bas de 0,093 $/kWh.
[3] Le coût du mazout est établi en fonction du coût à Dawson en 2006, soit de 1,04 $/litre.
[4] La « base » est l'énergie consommée par chaque maison E/9 construite selon les exigences de l'édition 1997 du CMNEH.

et des plinthes électriques pour le chauffage des locaux, un chauffage primaire de l'eau assuré par des capteurs solaires thermiques (sauf pour l'Option A) et un ventilateur récupérateur de chaleur. Les auteurs ont ensuite comparé la consommation d'énergie estimative de chaque option avec la consommation d'énergie estimative de l'initiative E/2 d'origine et de la maison témoin CMNEH. Pour chaque option, le fournisseur de logement a estimé le coût différentiel afin de découvrir si les options étaient viables financièrement. À part les objectifs d'efficacité énergétique, il fallait que le modèle de maison convienne au mode de vie et aux besoins culturels des occupants des Premières nations. Il fallait également que l'on puisse faire construire les maisons par des travailleurs des métiers de la construction ordinaires durant la courte saison de construction du centre du Yukon. Ultimement, l'initiative E/9 devait être économiquement viable tant pour le fournisseur de logements que pour les occupants éventuels.

Une fois le choix arrêté sur un modèle de maison E/9, les matériaux ont été commandés et les travaux de construction ont pu commencer. Les étapes de construction ont été documentées afin de mieux comprendre les considérations de mise en œuvre associées aux caractéristiques dont les logements sont dotés.

CONSTATATIONS

Caractéristiques de conception

Les travaux de conception ont été achevés avec la préparation des dessins d'exécution du duplex composé d'un logement « solaire » de 139 m^2 et d'un logement « Bâti-Flex » de 121 m^2 (figure 2). Le logement solaire comporte trois chambres et un chauffe-eau solaire suppléé par un chauffe-eau d'appoint électrique. Le logement Bâti-Flex comporte deux chambres et un chauffe-eau électrique classique, et est doté d'une caractéristique Bâti-flex^{MC} qui permettra d'ajouter aisément une troisième chambre (galerie couverte à l'heure actuelle) ultérieurement.

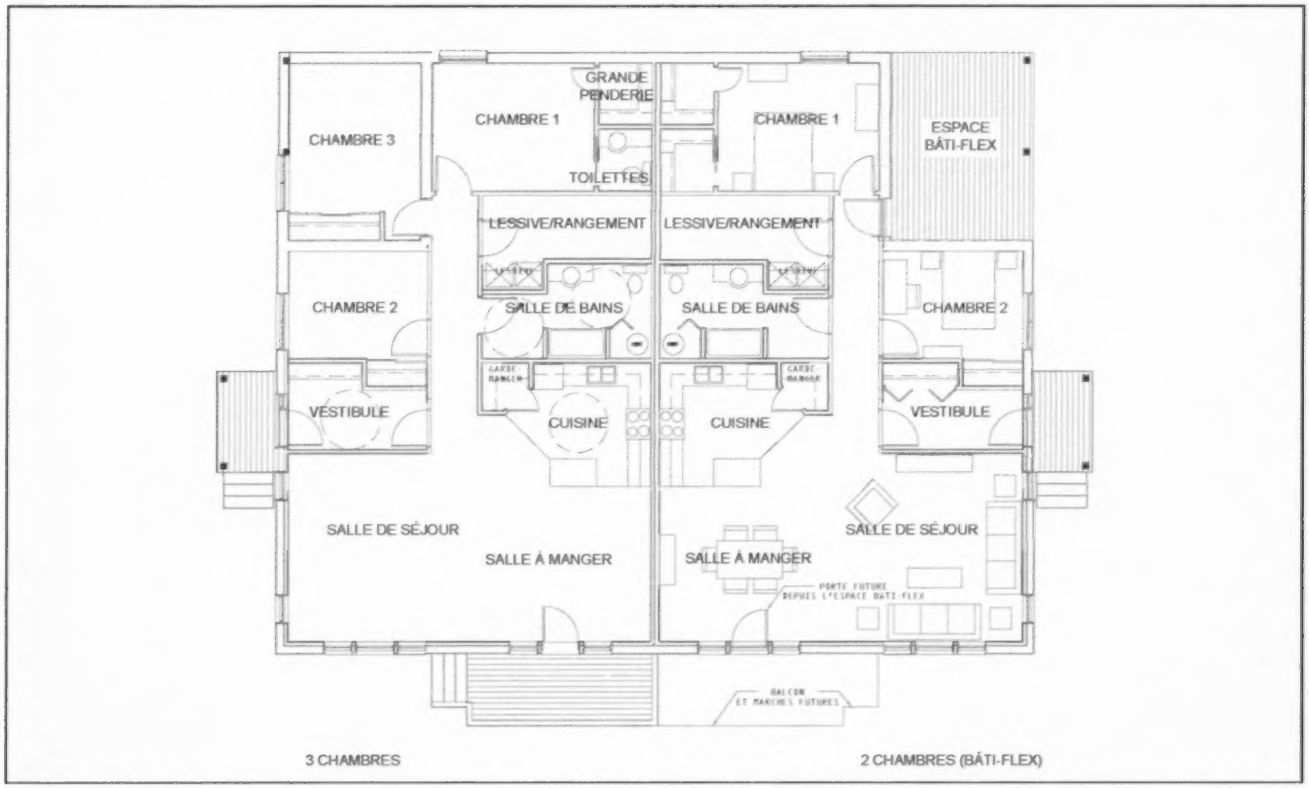

Figure 2 Plan d'étage des logements E/9 (gauche – solaire, droite – Bâti-Flex)

Les deux logements sont hautement isolés et étanches à l'air et font appel à des plinthes électriques pour le chauffage des locaux. Un ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC) dans chaque logement assure un échange d'air intérieur-extérieur continu et éconergétique. Les concepteurs ont choisi des plinthes électriques pour le chauffage des locaux afin d'éviter la difficulté de trouver une chaudière suffisamment petite et les problèmes de commande liés au système de chauffage à eau chaude à combustion tels que vécus dans la maison E/2 d'origine. Les plinthes électriques sont également moins coûteuses à fournir, à installer et à entretenir. Bien que l'électricité puisse s'avérer une option de chauffage dispendieuse, compte tenu des très faibles exigences énergétiques estimées pour le chauffage des locaux des logements E/9, on s'attend à ce que les frais de chauffage soient abordables.

Le concept E/9 est doté des éléments d'économies d'énergie ci-dessous :

- Conception solaire passive : la façade longue du bâtiment est orientée vers le sud. De grandes fenêtres dans le mur sud et des fenêtres plus petites dans les murs est et ouest laissent passer l'énergie solaire passive et l'éclairage naturel dans la salle de séjour et la salle à manger. De petites fenêtres dans le mur nord laissent entrer la lumière dans la chambre principale tout en réduisant au minimum les pertes de chaleur.
- Enveloppe de bâtiment hautement isolée : planchers – RSI 7 (R40), murs extérieurs en panneaux structuraux isolés – RSI 8,4 (R47,5) avec de l'isolant additionnel ajouté du côté intérieur des murs, vide sous toit doté de fermes à chevrons relevés – RSI 4 (R80), fenêtres à triples vitrages à faible émissivité et enveloppe étanche à l'air (cible : 0,75 r.a./h à 50 Pa).
- Ventilateur-récupérateur de chaleur : procure un échange d'air intérieur-extérieur efficace de manière à fournir de l'air frais tout en évacuant l'air vicié, l'humidité et les odeurs.
- Le chauffage solaire de l'eau dans le logement solaire permet de compenser l'énergie consommée pour la production de l'eau chaude domestique.

Caractéristiques culturelles et éléments Bâti-flex[MC] :

- Accessibilité : vestibules, cuisines et salles de bains ont une largeur nette de 1 500 mm (5 pi), les interrupteurs d'éclairage sont situés à 1 100 mm au-dessus du sol, et les terrasses extérieures sont à égalité avec le plancher du rez-de-chaussée afin de permettre aux occupants en fauteuil roulant ou en marchette de circuler. Le nivellement du terrain peut être aisément modifié pour y aménager une rampe d'accès

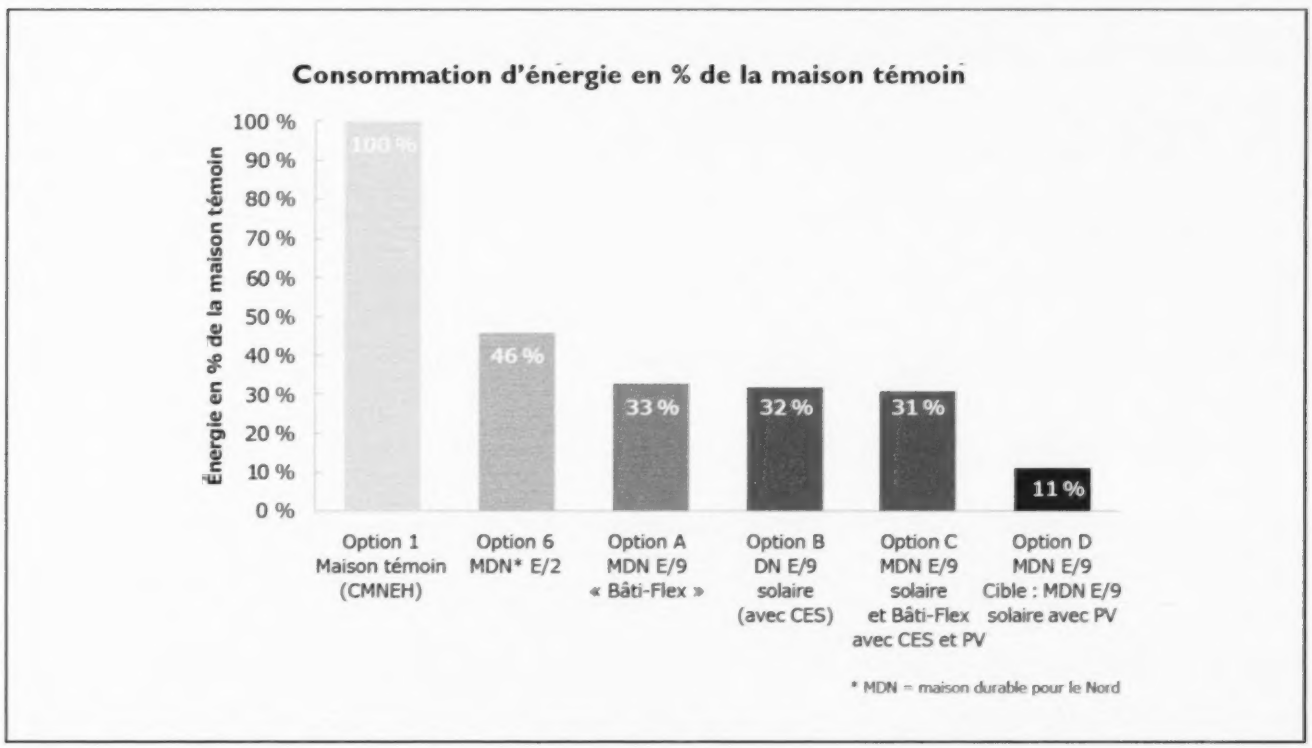

Figure 3 Consommation d'énergie — Options E/9 par rapport à la maison témoin CMNEH

pour fauteuils roulants jusqu'aux vestibules d'entrée.

- Grands vestibules avec sas d'air : renferme du rangement pour les vêtements, de l'espace pour les personnes à mobilité réduite et un espace pour un banc.
- Aménagement ouvert : la salle de séjour, la salle à manger et la cuisine occupent un grand espace ouvert doté de fenêtres abondantes, lequel peut recevoir des rassemblements importants et une variété d'aménagements de mobilier.
- Espace Bâti-Flex : la galerie couverte de la maison Bâti-Flex comporte un plancher et un plafond isolés, ce qui facilite la transformation en un espace intérieur de manière à répondre aux besoins changeants du ménage dans le temps.
- Les maisons sont de type plain-pied et le plus près possible du niveau du sol, ce qui est conforme aux préférences des membres des Premières nations pour les maisons avec entrée privée au sol lesquelles reflètent leur désir de vivre près de la terre.

Modélisation énergétique des options de rechange pour les maisons E/9

L'équipe de conception a conclu que pour atteindre la cible de réduction de 89 %, des installations à énergie renouvelable additionnelles (photovoltaïque et solaire thermique) devaient être ajoutées (option D). Le budget disponible à l'égard des coûts différentiels n'était toutefois pas suffisant pour couvrir les installations à énergie renouvelable de l'option D. On a donc décidé que les logements E/9 seraient construits suivant les options A et B de façon à atteindre des économies d'énergie estimatives nettes de l'ordre de 67 ou 68 %. Si les économies d'énergie de la maison solaire s'avèrent suffisantes, la maison Bâti-Flex pourrait être aménagée à une date ultérieure pour inclure un chauffe-eau solaire à un coût modeste et sans trop incommoder les occupants.

Coûts et avantages

Le coût différentiel attribuable aux éléments d'économie d'énergie choisis pour la maison solaire est évalué à 52 042 $ et à 33 292 $ pour la maison Bâti-Flex, comparativement à la maison témoin CMNEH. Les caractéristiques d'efficacité énergétique dans la maison Bâti-Flex ajouteraient 2 300 $ par année au coût d'un prêt hypothécaire de 25 ans. Toutefois, compte tenu des économies d'énergie estimatives de 3 400 $/an, le propriétaire-occupant pourrait économiser jusqu'à 1 100 $/an. Le coût différentiel des éléments d'efficacité énergétique dans la maison solaire s'élève à 3 600 $ par année pour la durée du prêt hypothécaire de 25 ans. Les économies d'énergie annuelles de 3 500 $ compensent presque entièrement les coûts additionnels ajoutés au prêt hypothécaire. Les économies s'améliorent à mesure que les coûts de l'énergie augmentent.

CONCLUSIONS

L'initiative E/9 illustre dans quelle mesure la performance énergétique d'une maison construite pour le Nord peut être optimisée à l'intérieur d'un budget limité, tout en répondant aux besoins culturels et au mode de vie des occupants des Premières nations. Bien que la cible d'économies d'énergie d'origine n'a pu être atteinte, compte tenu des ressources financières disponibles, on s'attend à ce que les murs hautement isolés, les fenêtres à triple vitrage, l'orientation solaire passive et l'enveloppe du bâtiment étanche réduisent la consommation d'énergie de presque 70 %, à un coût pouvant être compensé par les économies d'énergie. Les maisons E/9 font figure de concept optimal pour la Première nation Tr'ondek Hwech'in Han en ce qui a trait à l'efficacité énergétique pouvant être atteinte sans avoir recours à d'importants systèmes d'énergie renouvelable coûteux. La production d'énergie renouvelable pourrait compenser une certaine partie des besoins en énergie du ménage de manière à satisfaire la cible de réduction de 89 %, mais uniquement à un coût considérablement plus élevé. Une autre conclusion clé a trait au fait que les économies en immobilisations découlant de la mise en place de plinthes électriques relativement peu coûteuses ont permis d'inclure des chauffe-eau solaires et d'augmenter l'isolation de l'enveloppe du bâtiment, à même le budget de construction.

Directeur de projet à la SCHL : Barry Craig

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la ***Loi nationale sur l'habitation,*** le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent Point en recherche fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets ***Le Point en recherche*** et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web au

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1-800-668-2642
Télécopieur : 1-800-245-9274

67628

©2012, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL 11-07-12

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.